

Docket No.: AIS-0014  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Etsuo Kawate

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.:

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: OPTICAL SYSTEM FOR MEASUREMENT

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:


Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2003-051084	February 27, 2004

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: February 25, 2004

Respectfully submitted,

By 

Robert S. Green

Registration No.: 41,800  
RADER, FISHMAN & GRAUER PLLC  
1233 20th Street, N.W., Suite 501  
Washington, DC 20036  
(202) 955-3750

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月27日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-051084  
Application Number:

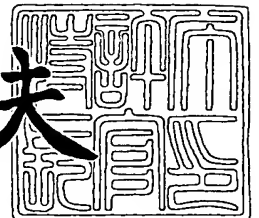
[ST. 10/C]: [JP 2003-051084]

出願人 独立行政法人産業技術総合研究所  
Applicant(s):

2003年12月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3103678

【書類名】 特許願

【整理番号】 329-02818

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 27/00

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

    【氏名】 川手 悦男

【特許出願人】

    【識別番号】 301021533

    【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

    【代表者】 吉川 弘之

    【電話番号】 029-861-3280

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 楕円型光学系  
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料支持台上において互いに交差する第 1 及び第 2 の光路が設定されており、上記第 1 及び第 2 の光路は、光源からの光の方向を第 1 または第 2 の集光反射手段側に選択的に切替える入射側ビーム切換鏡から、該第 1 または第 2 の集光反射手段を経て、上記交差する点で集光するように投射されることにより形成されるものであり、

上記第 1 または第 2 の光路を経て上記試料支持台上の試料に光が入射し、そして該試料から出射した光は、それらの光を単一の出射側ビーム切換鏡に向けて投射するための第 1 及び第 2 の受光反射手段が配設され、上記出射側ビーム切換鏡は、受光反射手段を介して投射された光の方向を単一の検出器に向けて投射するようにその向きを切換え可能に構成され、

表面入射と裏面入射に対する試料の出射光強度を測定可能にしたことを特徴とする光学系。

【請求項 2】 集光反射手段及び受光反射手段が第 1 及び第 2 の楕円柱面鏡によって構成され、上記第 1 及び第 2 の楕円柱面鏡は、中心軸が互いに平行でそれぞれの一つの焦点が一致するようにして、相互の開口部において結合され、

上記楕円柱面鏡の共通の焦点位置に試料支持台が、残りの 2 つの焦点位置にそれぞれ入射側ビーム切換鏡及び出射側ビーム切換鏡が配置され、

上記第 1 の楕円柱面鏡の入射側には入射用透孔が、上記第 2 の楕円柱面鏡の出射側には出射用透孔がそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】 試料支持台は、試料または参照試料を上記両光路の交点への出没によりそれらを選択的に位置決め可能に構成され、

2 つのビーム切換鏡を互いに相関を持って回転可能とし、任意の入射角度での反射率と透過率の同時測定を可能にし、さらに、参照試料の代わりに試料と同じ大きさの透孔とすると、任意の入射角度での絶対反射率と絶対透過率の同時測定を可能にしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学系。

【請求項 4】 出射側のビーム切換鏡を独立に回転可能とし、入射光による試料の光散乱及び発光を測定可能にしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料へ光を任意入射角度で入射させ、その時の試料からの正反射光、透過光、散乱光や発光などの出射光強度を任意の角度で測定が可能な光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光テクノロジーは、IT 産業においては高速大容量光通信や画像処理等、医療産業においてはレーザメスやガン治療等、製造加工業においてはレーザを用いたナノテクノロジーや同位体分離、表示器照明器等、学術分野では精密光計測や情報処理技術開発等において活用され、現代生活において非常に重要な技術である。

【0003】

この光テクノロジーを支える基盤技術は、物質の光学定数（屈折率と消衰係数）、あるいは同じことであるが複素誘電率の決定である。この 2 つの未知数（屈折率と消衰係数）を決定するためには、2 つの独立な測定が必要である。

【0004】

そのひとつの方法は、誘電体のような透明試料の場合にはある特定の 1 つの角度で絶対反射率と絶対透過率の 2 つを測り、これらの連立方程式を解いて光学定数を決定する方法である（例えば、非特許文献 1 参照。）。金属のような不透明試料では、2 つの異なった入射角度に対して絶対反射率を測定して、これらの連立方程式を解いて光学定数を決定する方法である。これらは、直感的で有用な方法である（例えば、非特許文献 2 参照。）。

【0005】

従来から用いられている可視・紫外領域用の分散型分光光度計や、赤外領域用

のフーリエ変換型分光光度計では、試料の反射率と透過率測定とで異なった光学系を用いている。このために、2つの量（反射率と透過率）を測定するためには、少なくとも測定途中で光学系の一部を『差し替え』なければならず、煩雑である。さらにこの『差し替え』は、測定結果の大きな誤差要因でもある。

#### 【0006】

更に具体的に説明すると、絶対透過率は、入射光軸上の試料の有・無による光強度の比として求められる。この時、入射光の光軸上に試料と検出器を一行に並べればよいので、測定は容易である。一方、絶対反射率の測定も、試料の有・無による光強度の比として求められるが、この場合、試料無しの際は、光は入射光の方向に進むが、試料有りの時は、反射のために、反射光の進行方向は元の入射光の方向とは異なる方向になる。この結果反射率測定は困難である。

#### 【0007】

この絶対反射率測定のためには、検出器を移動させる方法（ゴニオメトリック法）と、検出器は固定のままで追加の鏡を移動させる方法（V-N法やV-W法）が開発されている（ゴニオメトリック法に関しては例えば、特許文献1参照、V-N法に関しては例えば特許文献2参照、V-W法に関しては例えば特許文献3参照、これらすべてを扱っている論文として、例えば、非特許文献3参照。）

。

#### 【0008】

図7A及び7Bは、従来のゴニオメトリック法による絶対反射率の測定方法を説明するためのものである。このゴニオメトリック法においては、分光光度計等の光源LSから出射した光を試料支持台SHの所に集光し、透過または反射した光が検出器Dにおいて検出される。試料支持台SHには、透孔Bと試料Tがあり、スライドしてどちらかを選べるようになっている。

#### 【0009】

測定に際しては、まず、図7Aに示すように、試料支持台SHにおいて透孔Bを選び、バックグラウンド信号を検出器Dで測定する。この時の入射角度を $\theta$ とする。次に、試料支持台SHをスライドして試料Tを選び、試料を中心に検出器Dを $(180^\circ - 2\theta)$ 回転して、試料からの反射のサンプル信号を測定する（図

7 B 参照)。そして、上記バックグラウンド信号との比を取ることで、入射角度  $\theta$  に対する絶対反射率が求まる。

#### 【0010】

このゴニオメトリック法では、絶対透過率も測定できる。この場合は、図 7 A に示すように、試料支持台 SH において透孔 B を選び、上記と同様にバックグラウンド信号を検出器 D で測定する。次に、試料支持台 S H をスライドして試料 T を選ぶと、検出器 D はほぼ同じ場所で試料 T を透過したサンプル信号を測定できる。そして、これら 2 つの比として入射角度  $\theta$  に対する絶対透過率が求まる。

#### 【0011】

##### 【特許文献 1】

特開昭 64-35306 号公報

##### 【特許文献 2】

特開昭 62-132152 号公報

##### 【特許文献 3】

特開昭 55-99045 号公報

##### 【非特許文献 1】

ブリティッシュ ジャーナル アプライド フィジックス、18 巻 (1967) 277~284 ページ (BRIT. J. APPL. PHYS., vol.18 (1967) 277~284)

##### 【非特許文献 2】

アプライド オプティクス、11 巻 (1972) 643~651 ページ (APPL. OPTICS vol.11 (1972) 643~651)

##### 【非特許文献 3】

プロシーディング オブ S P I E、3425 巻 (1998)、16~27 ページ (Proceedings of SPIE, vol.3425(1998), 16~27)

#### 【0012】

##### 【発明が解決しようとする課題】

従来の絶対反射率測定では、検出器か鏡の移動が必要であった。そして、この検出器か鏡の移動の再現性が、測定誤差に大きな影響を与えている。このように、従来の絶対反射率測定では、一般に測定精度が悪く、市販の分光光度計を用い

る絶対反射率測定では、精度は数%程度である。

#### 【0013】

さらに、ゴニオメトリック法では任意の入射角度における絶対反射率測定が可能であるが、他のV-W法やV-N法では入射角度を変えることは一般に不可能である。

#### 【0014】

試料からの光散乱の測定では、従来から2つの方法が可能である。一つはゴニオメトリック法で試料からの正反射以外の角度に検出器を移動させて測定する。他の方法は、積分球を用いる方法で試料を積分球の中にセットして正反射光を積分球の外に逃して測定する。この積分球を用いる方法では、平均の光散乱が求まるだけである。試料による光散乱の角度依存性は、原理的には上記のゴニオメトリック法で求まるが、非常に困難な測定である。

#### 【0015】

さらに、基板上の薄膜試料では、反射や透過スペクトルに一般に基板内での多重反射のためのフリンジが現れる。このフリンジは薄膜の光学的性質を高精度に測定しようとする時に、精度を悪くする原因になる。このフリンジが現れないスペクトル測定のためには、基板内での多重反射を起こさせないことであるが、これは試料に対してP偏光の光を基板のブリュスター角度で入射させることでも可能となる。このブリュスター角度は、波長の関数であるために、波長を変えるたびに角度を変えなければならない。この測定はゴニオメトリック法で原理的に可能であるが、毎回ゴニオメータを再現性良く動かすことは、現実的に不可能である。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、このような従来の問題を解決することを目的とし、具体的には、試料の反射率と透過率測定で異なった光学系を用いることなく、また、反射率と透過率を測定するために、途中で光学系の一部を『差し替え』る必要がなく、それにより測定結果の大きな誤差要因を排除した任意入射角度での反射率と透過率の同時測定を可能にした光学系の提供を目的とするものである。



## 【0017】

本発明の他の目的は、近赤外の波長より短い波長域で広範に利用されている分散型分光光度計や、近赤外の波長より長い波長域でよく利用されているフーリエ変換型分光光度計中に、容易に装着可能な任意入射角度での反射率と透過率の同時測定をおこなえる光学系を提供することにある。

## 【0018】

本発明の他の目的は、上記分散型分光光度計やフーリエ変換型分光光度計ばかりでなく、X線光源、シンクロトン放射光源、レーザ光源やマイクロ波光源のような外部光源と適当な検出器からなる系においても、より簡便に、より精度良く、物質の反射率と透過率を同時に測定できるようにした光学系を提供することにある。

## 【0019】

本発明の他の目的は、試料に対して表面と裏面からそれぞれ光を入射することにより、表面入射と裏面入射に対する反射率及び透過率のいずれもが測定可能である光学系を提供することにある。

## 【0020】

本発明の他の目的は、任意の入射角度に対して反射率と透過率を測定でき、それによって基板上の薄膜のような複合試料において、基板内部での多重反射の影響を受けないスペクトルを測定できるようにした光学系を提供することにある。

## 【0021】

本発明の更に他の目的は、試料による光散乱や発光も測定できる光学系を提供することにある。

## 【0022】

上記目的を達成するための本発明に係る光学系は、基本的には、試料支持台上において互いに交差する第1及び第2の光路が設定され、上記第1及び第2の光路は、光源からの光の方向を第1または第2の集光反射手段側に選択的に切換える入射側ビーム切換鏡から、該第1または第2の集光反射手段を経て、上記交点で集光するように投射されることにより形成されるものであり、上記第1または第2の光路を経て試料支持台上の試料に光が入射し、その試料からの出射光を単

一の出射側ビーム切換鏡に向けて投射する第1及び第2の受光反射手段が配設され、上記出射側ビーム切換鏡は、受光反射手段を介して投射された光の方向を単一の検出器に向けて投射するようにその向きを切換え可能に構成され、これによって、試料の表面入射と裏面入射に対する出射光強度を測定可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0023】

上記光学系は、集光反射手段及び受光反射手段が第1及び第2の楕円柱面鏡によって構成され、両楕円柱面鏡は、中心軸が互いに平行でそれぞれの一つの焦点（軸）が一致するようにして、相互の開口部において結合され、上記楕円柱面鏡の共通の焦点（軸）位置に試料支持台が、残りの2つの焦点（軸）位置にそれぞれ入射側ビーム切換鏡及び出射側ビーム切換鏡が配置され、上記第1の楕円柱面鏡の入射側には入射用透孔が、上記第2の楕円柱面鏡の出射側には出射用透孔がそれぞれ設けられている、ことを特徴とするものである。

#### 【0024】

試料支持台は、試料または参照試料を上記両光路の交点への出沒によりそれらを選択的に位置決め可能に構成され、2つのビーム切換鏡を互いに相関を持って回転可能とし、任意の入射角度での反射率と透過率を測定可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0025】

参照試料の代わりに試料と同じ大きさの透孔とすることで、任意の入射角度での絶対反射率と絶対透過率を測定可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0026】

入射側のビーム切換鏡を固定し、出射側のビーム切換鏡を独立に回転させることで、試料による光散乱や発光を任意の角度で測定可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0027】

基板上の薄膜試料のような複合試料では、試料への入射光をP偏光とし、入射側ビーム切換鏡の設定角度を試料への入射角度が基板に対するブリュスター角度になるように設定し、出射側ビーム切換鏡の設定角度を適当に選ぶことで、基板

内の多重反射の影響を受けない薄膜の光学測定を可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0028】

分散型分光光度計またはフーリエ変換型分光光度計に組み込み可能にした、ことを特徴とするものである。

#### 【0029】

#### 【発明の実施の形態】

本発明に係わる双楕円柱面鏡の実施の形態を図1～図5の実施例を参照して説明する。

#### 【0030】

この実施例では、集光反射手段及び受光反射手段として、図1に示す第1及び第2の楕円柱面鏡E1、E2からなる双楕円柱面鏡Eを用いている。そのため、この実施例の光学系は、上記2個の楕円柱面鏡E1、E2から成る双楕柱面鏡Eと、2個のビーム切換鏡RM1、RM2及び試料支持台SHとを備えている。

#### 【0031】

上記双楕円柱面鏡Eは、二つの楕円柱面鏡E1、E2の中心軸が互いに平行になるように、互いに隣接して配置し、この二つの楕円柱面鏡E1、E2で、各々の2つの焦点（軸）を結ぶ直線に垂直で互いに近接した焦点（軸）を含む面において切断して、夫々の切断面が一致するように、したがって、両楕円柱面鏡E1、E2のそれぞれの一つの焦点（軸）が共通焦点（軸） $f_0$ として一致するようにし、相互の開口部において一体に結合している。また、上記第1の楕円柱面鏡E1の入射側には入射用透孔P1が、上記第2の楕円柱面鏡E2の出射側には出射用透孔P2がそれぞれ設けられている。

#### 【0032】

図1の双楕円柱面鏡Eを製造する場合には、まず、適当な長さの内部を鏡面に仕上げた2個の楕円柱面鏡E1、E2を準備し、これらの楕円柱面鏡の2つの焦点（軸）を結ぶ直線に垂直で一つの焦点を通る面に沿って切り落とす。この切り落とす面に含まれる夫々の焦点（軸）を一致させて共通焦点（軸） $f_0$ とし、この共通焦点（軸） $f_0$ と残りの2つの焦点（軸） $f_1$ 、 $f_2$ が一つの直線上に並ぶ

ようにして、2つの楕円柱面鏡E 1、E 2を配置して接続する。この時楕円柱の長さの半分のところで上記3つの焦点（軸）を通る直線を光軸と呼ぶことにする。

この光軸と楕円柱面鏡E 1、E 2の両側における交点で、光軸に沿って入射用透孔P 1及び出射用透孔P 2の2つの透孔が形成される。

### 【0033】

上記光軸上に、入射用透孔P 1に入射する外部の光源LSが配置され、上記光軸上に出射用透孔P 2から出射された光を検出する検出器Dが配置される。また、共通焦点 $f_0$ には試料支持台SHを配置され、楕円柱面鏡の残りの2つの焦点 $f_1$ 、 $f_2$ に夫々入射側ビーム切換鏡RM 1及び出射側ビーム切換鏡RM 2が配置される。これらのビーム切換鏡は、その向きを制御できるものである。これにより、試料に対する任意の入射角度 $\theta$ で光を入射させ、試料からの任意角度の出射光を検出器で検出できる光学配置を得ることができる。

### 【0034】

試料支持台SHは、スライド部材SLに同じ大きさの孔が形成されていて、試料Tや参照試料B等を取り付けることができる。これにより試料と参照試料の切替が可能である。このスライド部材の切換え時に、図示しない連動機構により、ビーム切換鏡RM 1、RM 2も連動して動作するように構成することができる。この結果、検出器Dや鏡の移動の必要がなくなり、従来必要であった『差し替え』も不要となり、反射率と透過率のデータの再現性も向上し、測定誤差を小さくできる。

### 【0035】

#### 【作用】

上記の実施例の作用について説明する。概略的には、図1において、外部光源や分光光度計の光源LSから出た光は、双楕円柱面鏡Eの光軸に沿って進み、入射用透孔P 1を通過してこの双楕円柱面鏡E内へ進み、最初にビーム切換鏡RM 1に導かれ、このビーム切換鏡RM 1で反射した光は、楕円柱面鏡E 1に達して反射された後、共通焦点（軸） $f_0$ の試料T上に集光される。試料支持台SHの試料面は双楕円柱面鏡Eの共通焦点（軸）に平行にセットされ、この試料からの

出射光（反射光や透過光など）は、楕円柱面鏡E2に達して反射された後に、再度ビーム切換鏡RM2上に集光される。ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進み検出器Dに達する。

#### 【0036】

この光学系では、試料に対して任意の入射角度で入射光を照射でき、試料からの出射光（反射光や透過光など）を任意の角度で測定可能である。ここでは特に任意入射角度での絶対反射率と絶対透過率の測定を例にとってそれらについて図2～図5を用いて説明する

#### 【0037】

まず、楕円柱面鏡E1の手前の面と楕円柱面鏡E2の組み合わせで求まる表面からの反射率を $r$ とし、次に楕円柱面鏡E1の奥の面と楕円柱面鏡E2の組み合わせで求まる裏面からの反射率を $r'$ とする。

#### 【0038】

また、ビーム切換鏡RM1が光源LSの方向を向いて双楕円柱面鏡Eの光軸に垂直の時をゼロ度とする。一方、ビーム切換鏡RM2が検出器Dの方向を向いてこの光軸に垂直の時をゼロ度とする。

#### 【0039】

試料表面からの絶対反射率測定について説明するに、図2と図3において、光源LSからの光は双楕円柱面鏡Eの光軸上を進む。ここでビーム切換鏡RM1を右回りに適当に回転させて、ビーム切換鏡RM1により反射された入射光が図2で楕円柱面鏡E1の手前側内表面（以下、これをフロント面という。）に投射されるときを角度を $\Psi$ 度とする。この時、楕円柱面E1で反射された光は試料支持台SHの表面から入射角度 $\theta$ 度で入射する。

#### 【0040】

バックグラウンド信号測定のために、試料支持台SHは参照試料無しの透孔Bを選ぶと、図2に示すように、入射光は試料支持台SHの透孔Bを通り抜けて図2で楕円柱面鏡E2の奥側内表面（以下、これをバック面という。）で反射してビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を右回りに $\Psi$ 度回転することにより、ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を

進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を  $I_0$  とする。

#### 【0041】

次に、試料のサンプル信号を測定するために、試料支持台SHにおいて試料Tを選ぶと、図3に示すように、入射光は試料により反射され、楕円柱面鏡E2のフロント面で反射されてビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を左回りにほぼ $\Psi$ 度回転することで、ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を  $I_r$  とする。表面からの反射率  $r$  は、 $r = I_r / I_0$  として求まる。

#### 【0042】

試料裏面からの絶対反射率測定では、図4と図5において、光源LSからの光を左回りに回転したビーム切換鏡RM1が受け、ビーム切換鏡RM1により反射された入射光が楕円柱面鏡E1のバック面に投射するときの角度を $\Psi$ 度とする。この時、楕円柱面鏡E1で反射された光は試料支持台SHの裏面から入射角度 $\theta$ 度で入射する。

#### 【0043】

バックグラウンド信号測定のために試料支持台SHは透孔Bを選ぶと、図4に示すように、光は試料支持台SHの透孔を通り抜けて楕円柱面鏡E2のフロント面で反射してビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を左回りに $\Psi$ 度回転することでビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を  $I'_0$  とする。

#### 【0044】

次に、試料のサンプル信号を測定するために、試料支持台SHにおいて試料Tを選ぶと、図5に示すように入射光は試料Tにより反射して、楕円柱面鏡E2のバック面で反射し、ビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を右回りにほぼ $\Psi$ 度回転することでビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を  $I'_r$  とする。裏面からの反射率  $r'$  は、 $r' = I'_r / I'_0$  として求まる。

。両面が鏡面研磨されたバルク試料でも、一般に、表面からの反射率と裏面からの反射率は等しくない ( $r \neq r'$ )。

#### 【0045】

次に、この光学系を用いて、透明試料の場合に表面からの絶対透過率と裏面からの絶対透過率を測定する場合について説明する。

#### 【0046】

まず、楕円柱面鏡E1のフロント面と楕円柱面鏡E2のバック面の組み合わせで、試料表面からの絶対透過率を測定するに際しては、図2において、光源LSからの光をビーム切換鏡RM1で受けるが、ビーム切換鏡RM1を右回りに適当に回転させて、ビーム切換鏡RM1により反射された入射光を楕円柱面鏡E1のフロント面に投射させ、このときの角度を $\Psi$ 度とする。楕円柱面E1で反射された光は、試料支持台SHの表面から入射角度 $\theta$ 度で入射する。

#### 【0047】

バックグラウンド信号測定のために、試料支持台SHにおいて透孔Bを選ぶと、図2に示すように、光は試料支持台SHの透孔Bを通り抜けて楕円柱面鏡E2のバック面で反射し、ビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を右回りに $\Psi$ 度回転することでビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を $I_0$ とする。

#### 【0048】

次に、試料のサンプル信号を測定するために、試料支持台SHに試料Tを選ぶと、図2において、入射光のうち試料Tを透過した光が楕円柱面鏡E2のバック面で反射し、ビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を右回りにほぼ $\Psi$ 度回転することで、ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。これにより光は検出器Dに集められる。この時の出力を $I_t$ とすると、表面からの絶対透過率 $t$ は、 $t = I_t / I_0$ として求まる。

#### 【0049】

楕円柱面鏡E1の奥の面と楕円柱面鏡E2の手前の面の組み合わせで、試料裏面からの絶対透過率測定を行うに際しては、図4に示すように、光源LSからの

光を左回りに回転したビーム切換鏡RM1で受け、そのビーム切換鏡RM1により反射された入射光を楕円柱面鏡E1のバック面に投射させ、そのときのビーム切換鏡RM1の角度を $\Psi$ 度とし、この時、楕円柱面鏡E1で反射された光を試料支持台SHの裏面から入射角度 $\theta$ 度で入射させる。

#### 【0050】

バックグラウンド信号測定のために、試料支持台SHで透孔Bを選ぶと、光は試料支持台SHの透孔Bを通り抜けて楕円柱面鏡E2のフロント面で反射してビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を左回りに $\Psi$ 度回転することで、ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を $I'0$ とする。

#### 【0051】

試料のサンプル信号を測定するために、試料支持台SHで試料Tを選ぶと、図4において、入射光のうち試料を透過した光が楕円柱面鏡E2のフロント面で反射されてビーム切換鏡RM2に集光される。ここで、ビーム切換鏡RM2を左回りにほぼ $\Psi$ 度回転することで、ビーム切換鏡RM2によって反射された光は、元の光軸上を進む。このようにして光は検出器Dに集められる。この時の出力を $I't$ とすると、裏面からの絶対透過率 $t'$ は、 $t' = I't / I'0$ として求まる。理想的な試料では、表面からの絶対透過率と裏面からの絶対透過率は等しい( $t = t'$ )。

#### 【0052】

この双楕円柱面鏡Eを用いた実施例の光学系は、ビーム切換鏡RM1への入射光が楕円柱面鏡E1に投射する範囲で角度 $\Psi$ を変えることができ、これにより試料への入射角度 $\theta$ も可変になり、約1度から約89度まで任意に連続的に入射角度を変えることができる。同様に試料からの出射光が楕円柱面鏡E2を照射する範囲で切換鏡RM2の角度 $\Psi$ を変えることができ、これにより試料からの出射光測定角度 $\theta$ も可変になり、約1度から約89度まで任意に連続的に測定角度を変えることができる。

#### 【0053】

この双楕円柱面鏡Eを用いた実施例の光学系を用いることで、誘電体のような



透明物質では、ある入射角度に対して絶対反射率と絶対透過率の両方を測定し、屈折率と消衰係数（光学定数）の2つの未知数を含むこれらの連立方程式を解いて光学定数を精度良く決定することができる。

#### 【0054】

また、この双楕円柱面鏡Eを用いた実施例の光学系を用いることで、任意の入射角度に対して絶対反射率を測定できるので、金属のような不透明試料では、2つの異なった入射角度に対して絶対反射率を測定して、屈折率と消衰係数（光学定数）を未知数とする連立方程式を解いて光学定数を精度良く決定することができる。

#### 【0055】

また、この双楕円柱面鏡Eを用いた実施例の光学系を用いることで、ビーム切換鏡RM1は固定で、ビーム切換鏡RM2の上記角度 $\Psi$ を変えて測定することで、試料による光散乱や発光を測定することができる。

#### 【0056】

更に、この双楕円柱面鏡Eを用いた実施例の光学系を用いることで、試料への入射角度を連続的に変えられるので、基板上の薄膜のような複合試料では、基板内部での多重反射の影響を受けないスペクトルを測定できる。この結果薄膜の光学定数を精度良く決定できる。

#### 【0057】

さらに、この双楕円柱面鏡Eを用いた基板上の薄膜試料の別の測定法として、試料支持台SHの試料Tとして基板上の薄膜試料を選び、入射角度を変えながらS偏光とP偏光を入射させ、そのときの反射光の偏光状態を測定し、更に参照試料Bとして例えば基板を選び、同じく入射角度を変えながらS偏光とP偏光を入射させ、そのときの反射光の偏光状態を測定し、これらの偏光状態の差から薄膜の光学定数に関する情報を得ることができる。

#### 【0058】

更に、試料より屈折率の大きい透明な物質を試料に密着させて試料支持台SHに保持させ、入射角度を変えながら光を入射させると、全反射する角度より大きい角度では試料の吸収に基づく減光が起る。次に、この物質を参照試料として試

料支持台 S H に保持させて同じく入射角度を変えながら反射光を測定する。これら 2 つの反射率の差から、試料の深さ方向の光学的情報等を得ることができる。

#### 【0059】

入射角度が連続可変で任意方向の出射光を測定可能な双楕円柱面鏡からなる光学系は、図 6 に示すように市販の分光光度計の試料室の中に挿入して、上記段落 0035～0058 中に記載の測定をすることが可能である。

#### 【0060】

以上、実施例により本発明を説明したが、本発明はこれらの実施例によって限定されることなく、特許請求の範囲記載の技術事項の範囲内で自由に実施できることは言うまでもない。

#### 【0061】

##### 【発明の効果】

本発明に係る双楕円柱面鏡を用いた光学系は以上のような構成であるから、今までに市販されている分光光度計等に適用可能であり、分光光度計等の測定精度を向上させ、その機能をさらに拡大することができる。その結果、この光学系は広く社会で使われ、社会・経済・学術の発展に役立つと期待できる。

#### 【0062】

本発明に係る双楕円柱面鏡を用いた光学系で、この光学系への入射光を平行光線とすると、反射率や透過率を高精度で測定できる。それは、試料への入射光が平行光線ならば入射角度は一定である。一方、試料への入射光が収光（フォーカス）された光の時には入射角度は一定ではなく、ある広がりをもつためである。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明に係る光学系の実施例の構成を、内部を透視した状態で示す斜視図である。

#### 【図 2】

本発明の実施例における表面入射のバックグラウンド測定の態様を示す説明図である。

#### 【図 3】

本発明の実施例における表面入射の試料反射データの測定の様態を示す説明図である。

【図 4】

本発明の実施例における裏面入射のバックグラウンド測定の様態を示す説明図である。

【図 5】

本発明の実施例における裏面入射の試料反射データの測定の様態を示す説明図である。

【図 6】

本発明に係る光学系を分光光度計中に組み込む様態を示す斜視図である。

【図 7】

図 7 A 及び 7 B は、従来のゴニオメトリック法による絶対反射率の測定方法を説明するための説明図である。

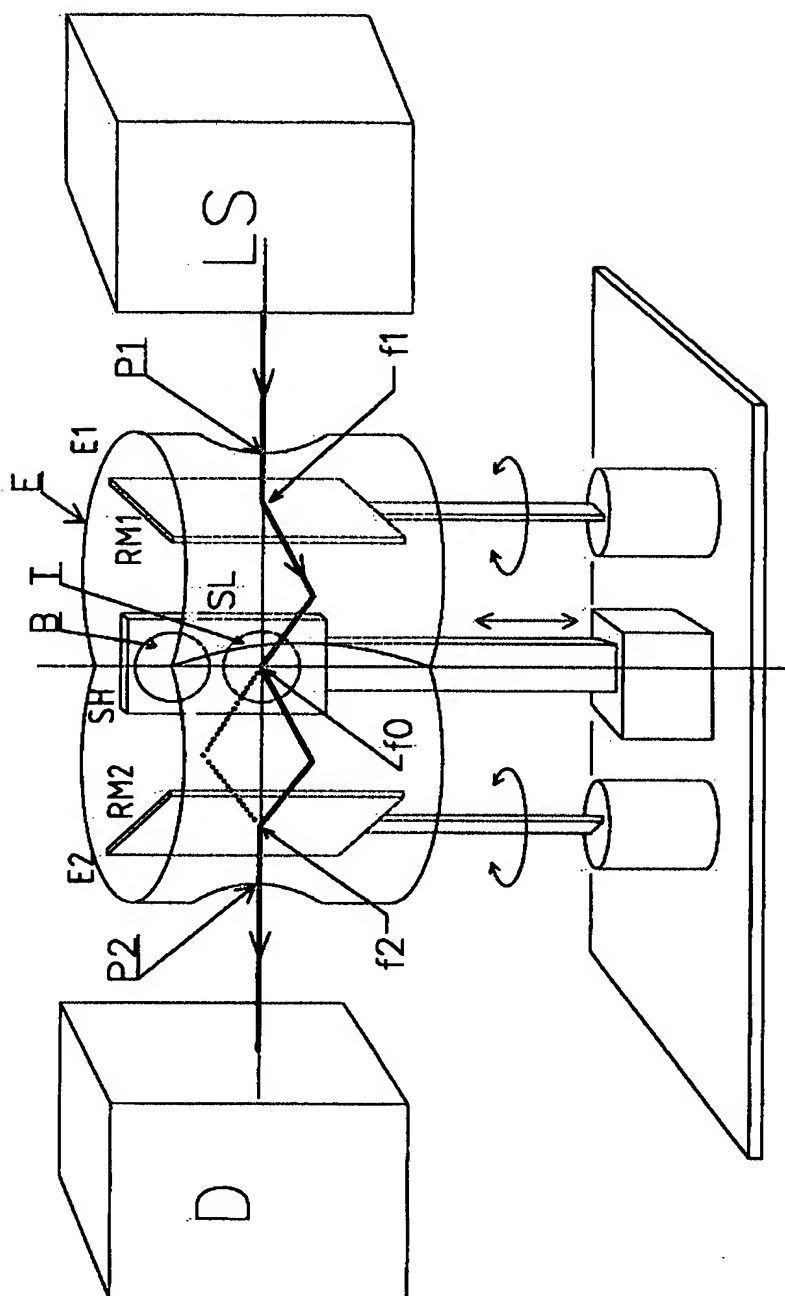
【符号の説明】

E	双楕円柱面鏡
E 1、E 2	楕円柱面鏡
f 0	共通焦点（軸）
f 1、f 2	焦点（軸）
P 1	入射用透孔
P 2	出射用透孔
R M 1、R M 2	ビーム切換鏡
S H	試料支持台
S L	試料支持台のスライド部材
L S	外部光源
D	検出器
T	試料
B	参照試料
$\theta$	試料に対する入射角度
$\Psi$	ビーム切換鏡に対する入射角度

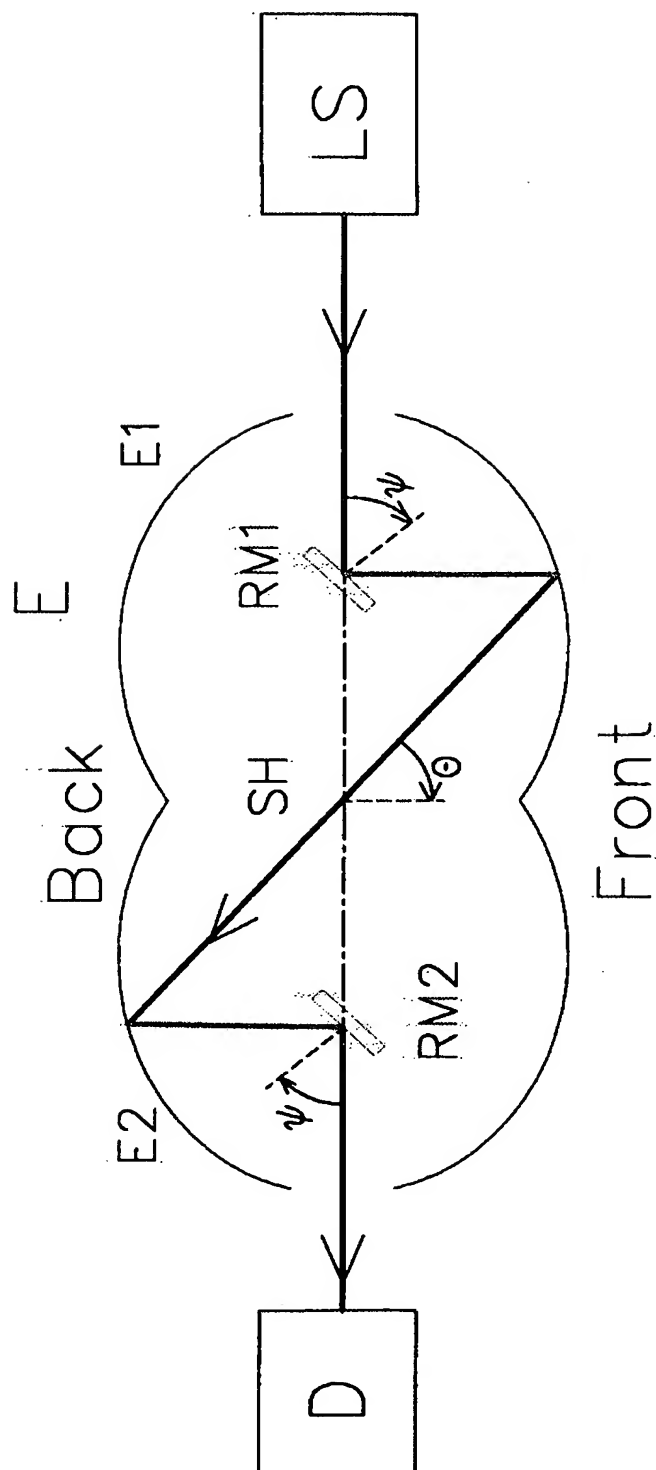
- 1 本発明の光学系
- 2 市販の分光光度計
- 2 a 光源部
- 2 b 検出部
- 3 a 光源側からの入射光線
- 3 b 検出器側への出射光線

【書類名】 図面

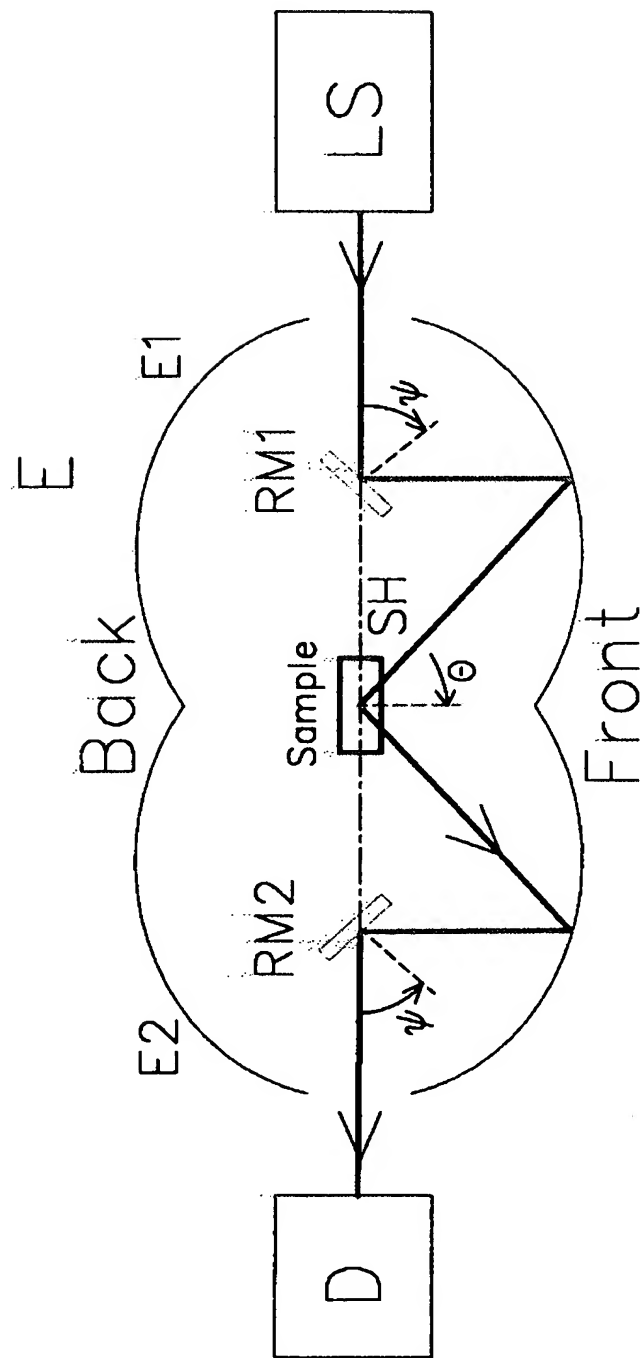
【図 1】



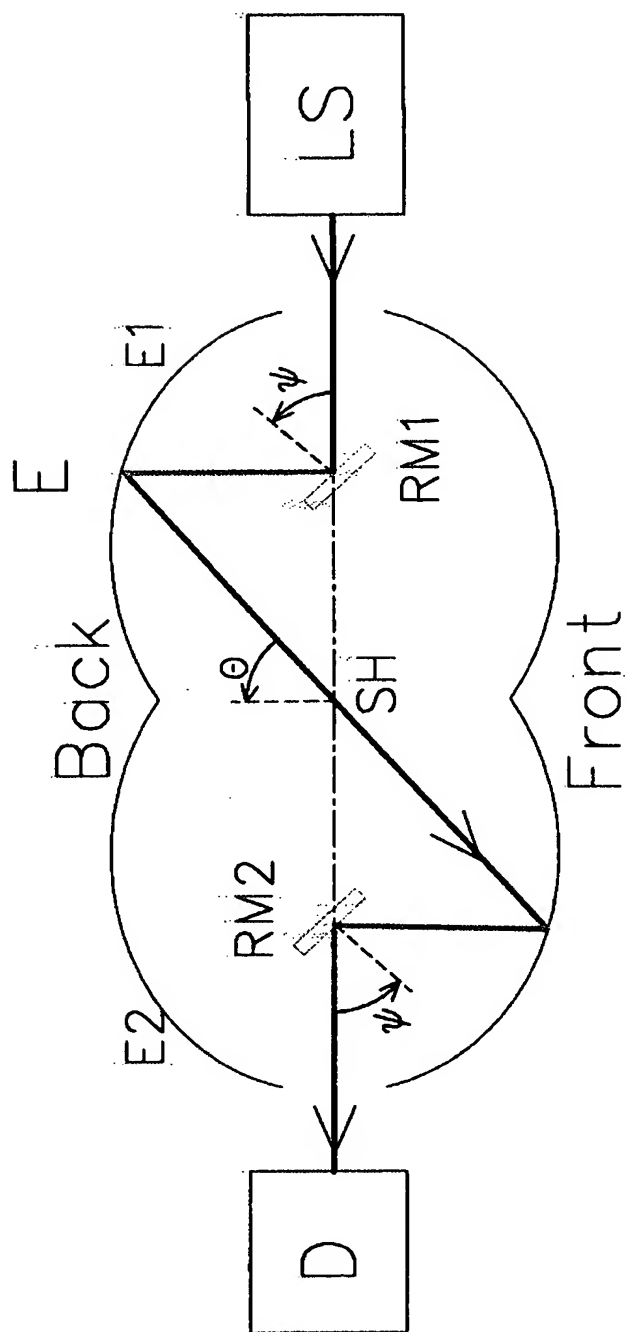
【図 2】



【図 3】

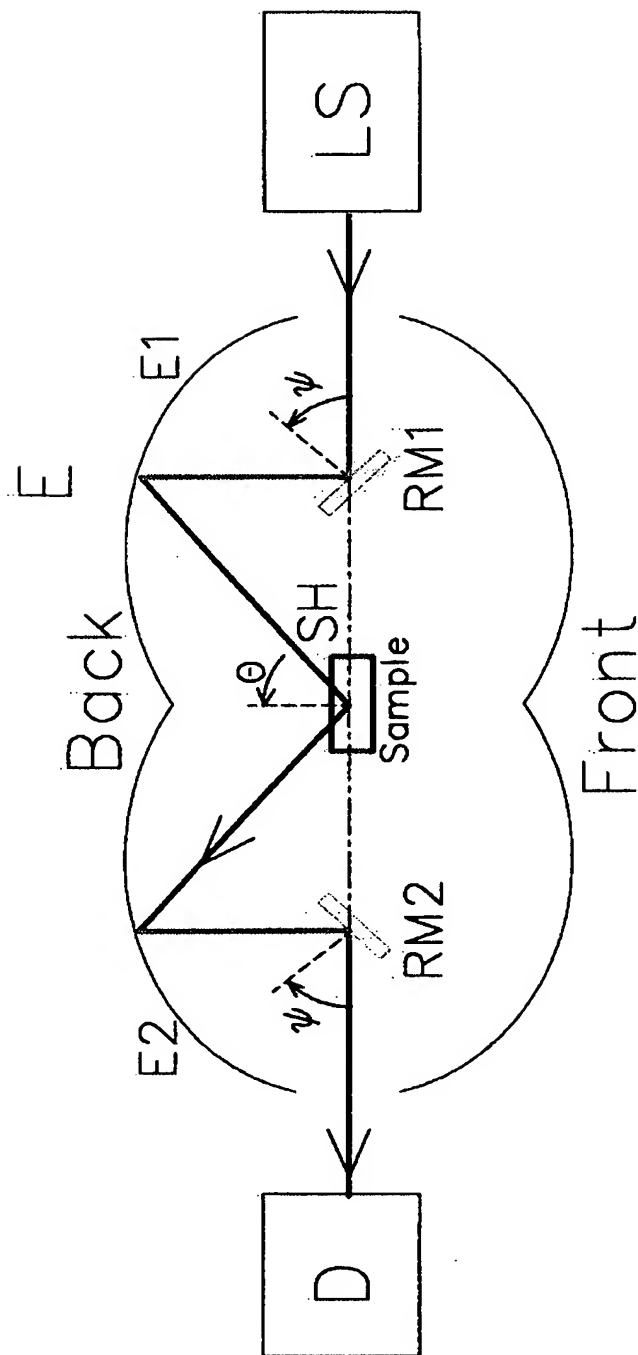


【図 4】

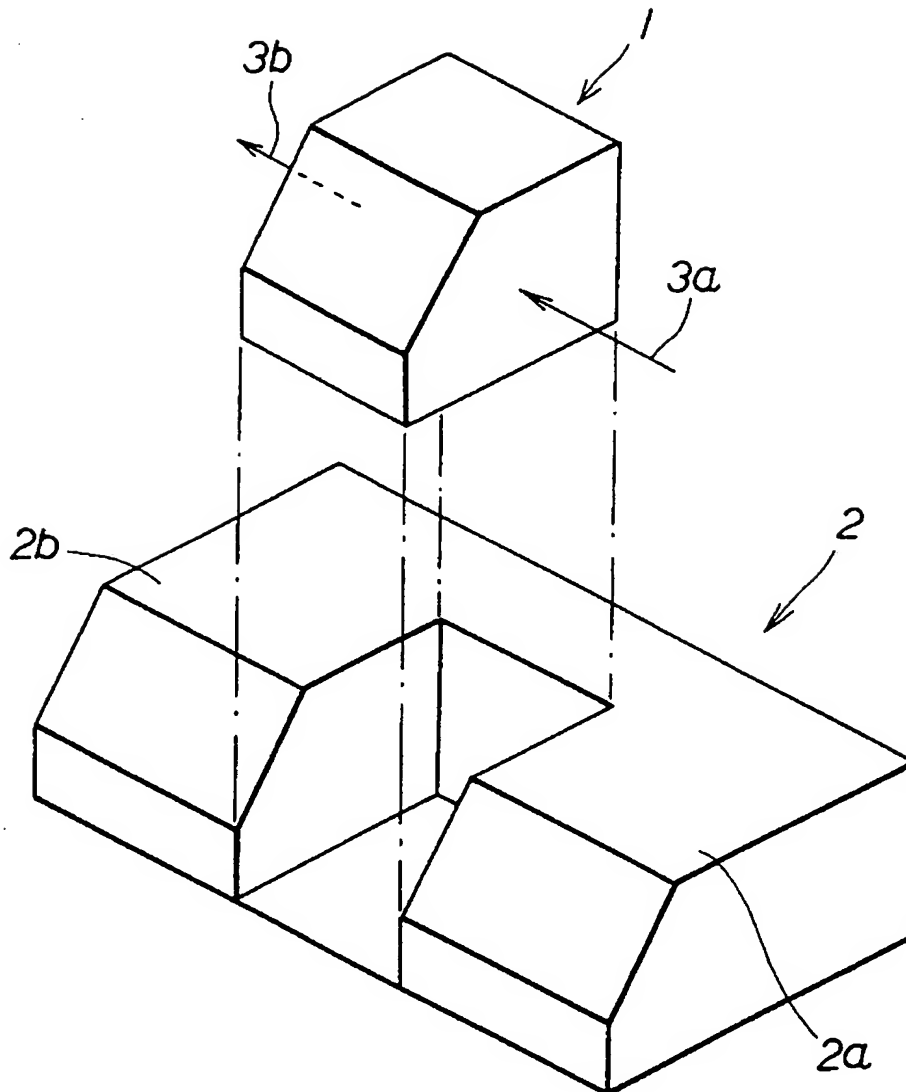




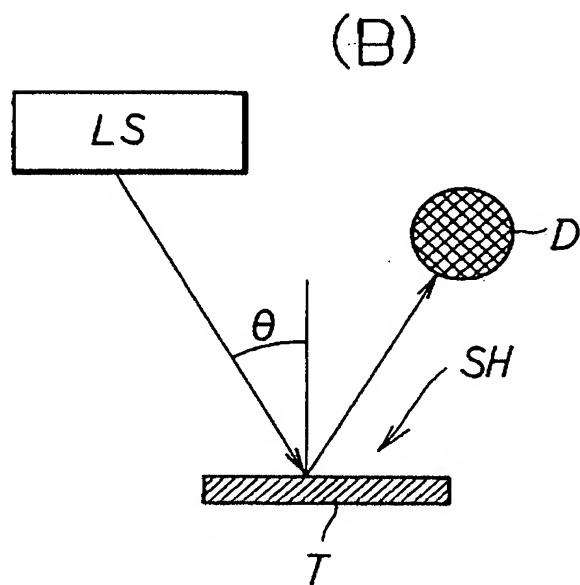
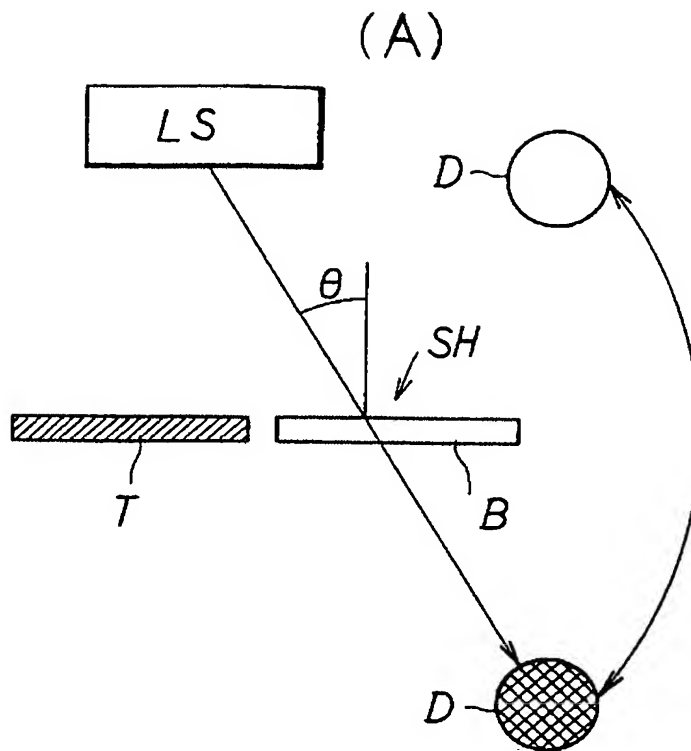
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精度良く物質の光学定数を決定するための反射率と透過率を同時に測定できる光学系を実現する。

【解決手段】 光源からの光の方向を第1または第2の集光反射手段側に選択的に切替える入射側ビーム切換鏡、該ビーム切換鏡からの光を試料支持台の位置において交差集光するように投射する第1及び第2の集光反射手段、該集光反射手段による集光位置に試料または参照試料を出没により選択的に位置決め可能にした試料支持台、該試料支持台上の試料または参照試料において反射または透過した光の光路に配設され、それらの光を単一の出射側ビーム切換鏡に向ける第1及び第2の受光反射手段、及び、該受光反射手段を介して投射された光の方向を単一の検出器に向けるようにその向きを切換え可能にした上記出射側ビーム切換鏡を備える。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 1 0 8 4
受付番号	5 0 3 0 0 3 2 0 2 1 1
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 2 月 2 8 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 2月27日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 1 0 8 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所